

# HIPAC-101B 型電子計算機の SIP-TRACER について

森 岡 望\*

## SIP-TRACER of HIPAC-101B Computer

by Nozomi Morioka\*

**Synopsis:** A particular kind of program, the SIP-TRACER, for the computer is prepared, putting in practice. This provides the traces en route and shows the inner conditions of the computer in detail after conducted, producing a record of each instruction performed automatically, including the data given and the results obtained.

The paper describes the general system of the SIP-TRACER, specially prepared for the HIPAC-101B and its application.

**要旨** 電子計算機が自動的に行う各命令の処理をプログラム上で実行させ、各命令処理後の計算機の内部状態を知ることのできるプログラムを、HIPAC-101B 型電子計算機について SIP-TRACER として作製した。

本論文では、この SIP-TRACER の概念と使用方法について述べる。

### 1. ま え が き

HIPAC-101B 型電子計算機で使用するプログラム言語はKコード・SIP・HAPR 等があり、この SIP-TRACER は SIP 言語でプログラミングしたプログラムである。

この SIP-TRACER はKコードあるいは SIP 言語のプログラムについて

- (1) プログラムの誤りの発見、修正を容易にする
- (2) プログラムの理解
- (3) 未知のプログラムの解析

等に利用できる。この SIP-TRACER とその使用方法について述べ、使用例を示して説明する。

### 2. SIP-TRACER

#### 2-1 SIP-TRACER の概念<sup>1)</sup>

この SIP-TRACER は基本的に、次のような段階で計算機によって実行される。

- (1) トレースする番地を知る。
- (2) その番地の命令語を磁気ドラムから読み出す。
- (3) その命令を解読し、その命令の処理ルーチンへ飛ぶ (Jump table)。
- (4) 処理ルーチン (命令を実行し、必要な処理を行

う)。

- (5) 続行か終了かを判定する。続行なら(6)へ終了なら計算機を停止する。
- (6) 次にトレースすべき実行番地を算出する。
- (7) (1)に帰る。

これらの基本的動作を含む SIP-TRACER の General flow chart を図 1 に示す。

このプログラムで使用されているサブルーチンは次のようなものがある。

#### S. R. SAVE

これは SubRoutine SAVE の略で、このサブルーチンはこのルーチンにはいる時の ACC (ACC umlator), MD レジスタ (Multiplicand and Divisor register), I 1 レジスタ (Index register 1), I 2 レジスタ (Index register 2) の内容をそれぞれ SIP-TRACER 上の模擬レジスタに保存する。

#### S. R. RESTORE

これはそれぞれの模擬レジスタから本来の各レジスタに restore するサブルーチンである。

#### S. R. DECIMAL<sup>2)</sup>

これはこのサブルーチンにはいる時の ACC の符号ビットを含めた上位12ビットを、10進数4ケタに変換してプリントするサブルーチンである。

#### S. R. OCTAL<sup>3)</sup>

これはこのサブルーチンにはいる時の ACC の内容を上

\* 電気工学教室 助手  
Assistant, Electrical Engineering Division

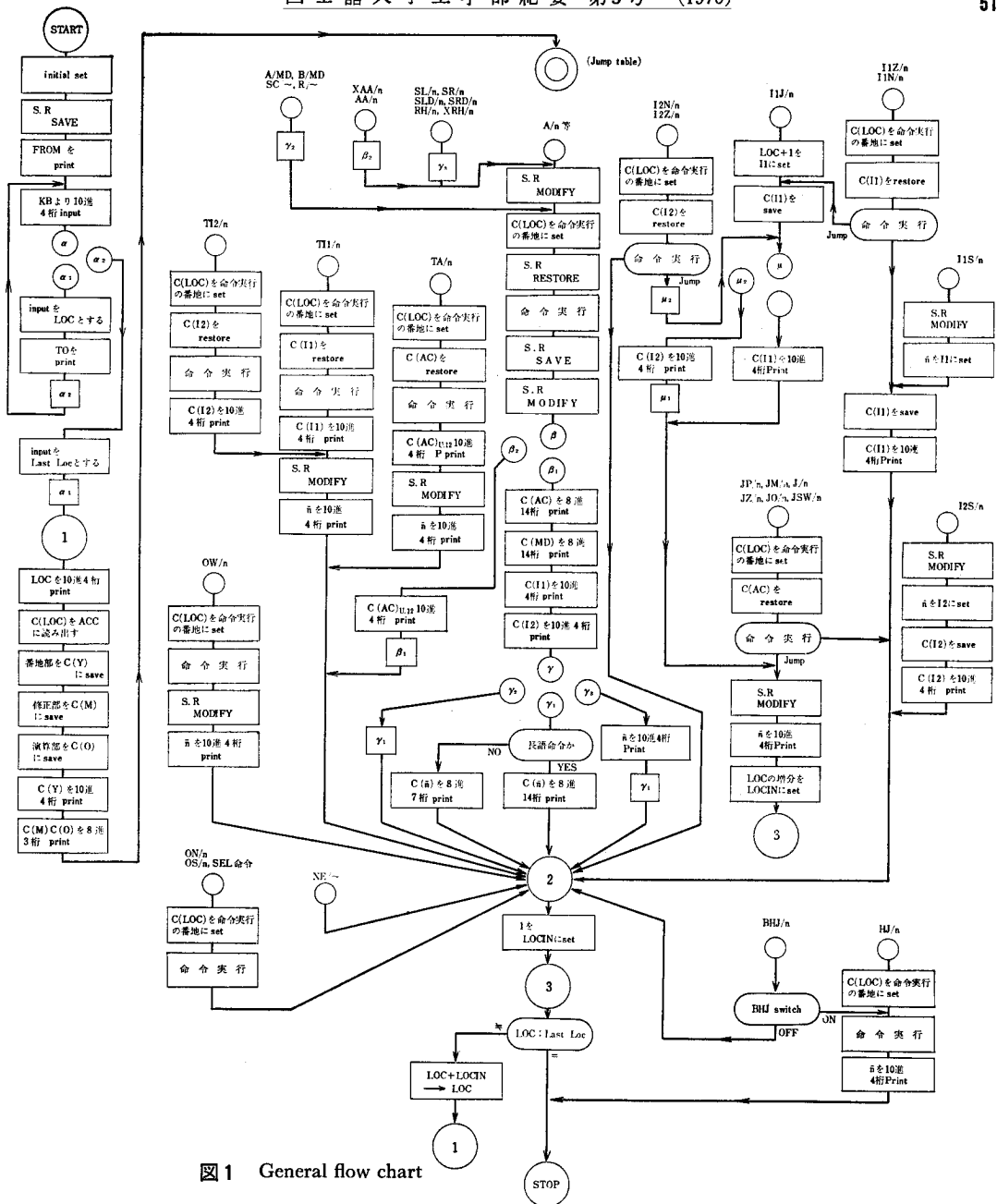


図1 General flow chart

位から3ビットづつを8進数1ケタと見なし、I 2にセットされた数+1のケタだけ8進数をプリントするサブルーチンである。

### S. R. MODIFY

これは命令語の番地部を修正する修正部にビットが立っていれば、それぞれの修正を行ない修正後の実効番地を一定の番地に store して脱出するサブルーチンである。

図1で、start から①までは最初に一度通過するのみ

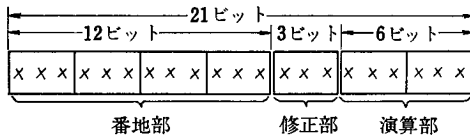
で、トレースする出発番地と終了番地を SIP-TRACER に入力としてキーボードから与える。①から Jump table までは全ての命令語が共通に処理されるルートでトレース実行番地を10進数4ケタでプリントし、その番地の命令語を各部それぞれ save すると共に、番地部を10進数4ケタで、修正部・演算部を合せて8進数3ケタでプリントする。Jump table は命令語の演算部コードを利用して、各命令によって異なる処理ルーチンへ分岐さ

せる。処理ルーチンでその命令を実行する時、計算機の内部状態は前のトレース命令を実行した時の状態にされていて、計算機は SIP-TRACER の制御をはなれ、被トレースプログラムの制御で計算機は命令を実行し、実行後再び制御を SIP-TRACER に戻してその時の計算機の内部状態を save しておき、次のトレース命令を実行するときに用いる。これを繰り返すことになるので被トレースプログラムを正確に実行しているのと等価であり、さらにこのルーチンでは実行した命令で変化した計算機の内部状態をプリントする。そして②または③に飛び次の実行番地までの増分を計算し一定の番地に store しておき、次に現在のトレース実行番地が終了番地かどうか判定して、終了番地であれば計算機は停止する。そうでなければ先程の番地増分を実行番地に加えて次のトレース実行番地を算出し、①に帰り、再びトレースを行なう。

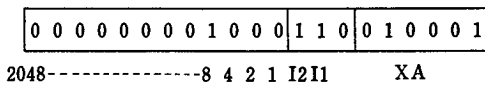
また、被トレースプログラム中の HJ 命令あるいは条件を満足する状態で BHJ 命令が実行されたときは、計算機も停止する。

## 2-2 SIP 命令語<sup>4)</sup>

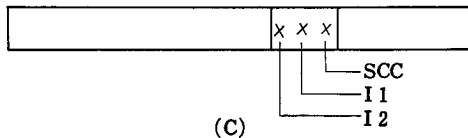
SIP 言語における命令語は78個あり、1命令語は21ビットからなる。それは図2の(A)で示すように番地部、



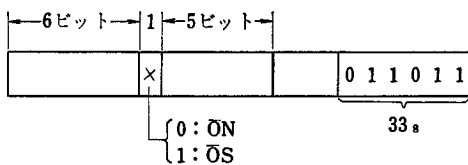
(A)



(B)



(C)



(D)

図2 SIP 命令語

表1 演算部 00<sub>8</sub>~77<sub>8</sub> の意味

演算部	SIP 記号	形式番号	演算部	SIP 記号	形式番号
00	(第2表)		40	(第2表)	
01	A/	1	41	A/	2
02	B/	1	42	B/	2
03	BD/	1	43	BD/	2
04	AD/	1	44	AD/	2
05	JP/	12, 13	45	JZ/	12, 13
06	T/	1	46	T/	2
07	JM/	12, 13	47	JSW/	12, 13
10	LMD/	1	50	LMD/	2
11	I1S/	9	51	I2S/	10
12	I1N/	8, 9	52	I2N/	10, 11
13	SR/	3	53	SRD/	3
14	SL/	3	54	SLD/	3
15	MA/	1	55	MA/	2
16	MB/	1	56	MB/	2
17	AO/	1	57	BO/	1
20	NE/	13	60	NE/	13
21	XA/	1	61	XA/	2
22	XB/	1	62	XB/	2
23	XBD/	1	63	XBD/	2
24	XAD/	1	64	XAD/	2
25	J/	12	65	JO/	12, 13
26	XT/	1	66	XT/	2
27	I1J/	8	67	TA/	6
30	T11/	8	70	T12/	9
31	AA/	5	71	XAA/	5
32	I1Z/	8, 9	72	I2Z/	10, 11
33	ON/OS/	14	73	OW/	7
34	AND/	1	74	XEA/	1
35	XMA/	1	75	XMA/	2
36	XAB/	1	76	XMB/	2
37	XAO/	1	77	XBO/	1

表2 特殊コード (nは修正不能)

修正演算部	SIP 記号	形式番号	修正演算部	SIP 記号	形式番号
000	RH/n•	3	400	対応する記号なし	
040	XRH/n•	3	440	SEL/KB•	13
100	BHJ/n•	12, 13	500	SEL/PTR•	13
140	A/MD•	4	540	SEL/MTR•	13
200	B/MD•	4	600	CON/T-A•	13
240	HJ/n•	12	640	CON/P-A•	13
300	SC/~•	4	700	CON/T-K•	13
340	R/~•	4	740	CON/P-K•	13

表3 修正部の意味

修正部	実効番地	修正部	実効番地
0	n	4	n + I 2
1	n + S C	5	n + I 2 + S C
2	n + I 1	6	n + I 1 + I 2
3	n + I 1 + S C	7	n + I 1 + I 2 + S C

修正部、演算部の3つに分かれる。

例えば、SIP 命令語で  $XA/8 + I 1 + I 2$  の場合、演算部はスラントの左の記号  $XA$  に相当し、修正部は  $I 1$ 、 $I 2$  による番地部の修正に相当し、番地部は  $8$  に相当する。この命令語の書き方と計算機内部における反転は、SIP システムによって自動的に行われる。今  $XA/8 + I 1 + I 2$  は SIP システムによって計算機内部には図2の(B)のようにビットが立つ。演算部の6ビットを8進数2ケタとみなした数と SIP 記号との対応を表1に示す。ただし、演算部が  $00_8$  と  $40_8$  の場合は修正部と演算部を合わせた8進数3ケタを表2のような命令の意味となる。

修正部について詳しく説明すると修正部3ビットの意味は原則として図2(C)のようになる。つまり3つのビットが演算部側からそれぞれに SCC,  $I 1$ ,  $I 2$  に対応し、ビットが0ならば、そのレジスタによる修正なし、1なら修正ありを示す。この修正部3ビットを8進数1ケタで表わして表3にまとめた。

また、表1で演算部が  $33_8$  のときは実効番地の大きさにより ON/, OS/ の2つに分かれる。

そして実効番地すなわち番地部に修正を行った結果の番地部12ビットが図2の(D)のように3部分に分けて解釈され、中央の1ビットが0か1かにしたがって ON 命令、OS 命令とみなされ、下位5ビットが、ON 命令のときは10進数のケタ数、OS 命令では字数を意味する。上位6ビットは OS 命令のときだけ意味をもち、出力する文字のコードを表わす。

このような SIP 言語の特徴を利用して SIP-TRACER はプログラミングされている。

### 2-3 プリント

SIP-TRACER で実行される各命令は次のような形式でタイプライターによってプリントされる。

General flow chart に示すように、全ての命令に共通にプリントされるのはプリント用紙の

コラム

1—4 実行番地 (10進数4ケタ)

7—10 命令の番地部 (10進数4ケタ)

12—14 命令の修正部・演算部 (8進数3ケタ)

であり、その他のプリントは各命令の意味によってそれぞれ異ってくるが、原則的に

コラム

17—30 ACC の内容

33—46 MD レジスタの内容

49—52  $I 1$  レジスタの内容

55—58  $I 2$  レジスタの内容

61—74 実効番地の内容 (長語)

61—67 実効番地の内容 (短語)

61—64 実効番地または実効数

がプリントされる。コラム17以降のプリントの形式を表4に示す。

表4のように命令によっては、その命令に必要な部分のみをプリントするようにしているのでプリントの形式が14種類となっている。この14の形式について説明すると、

形式番号1の場合：ACC の内容を符号ビットと上位41ビットのみ8進数14ケタでコラム17—30にプリントする。この場合下位 ACC 41ビットはプリントされないがトレーサー上では正確に保存されているので計算上では心配ない。MD レジスタの内容は符号ビット+41ビットを8進数14ケタでコラム33—46にプリントする。 $I 1$  レジスタは12ビットであり、それを10進数4ケタでコラム49—52にプリントする。 $I 2$  レジスタも同じく12ビットを10進数4ケタでコラム55—58にプリントする。このプリント形式では長語命令が実行された時であるのでコ

形式番号	コラム	ACC	MD	$I 1$	$I 2$	c(n), n
	17	30	33	46	49 52	55 58 61 74
1		XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXXXXXXXXXX
2		XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXXXXXX
3		XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXX
4		XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	
5		XXXX				
6		XXXX				XXXX
7		XXXXXX (文字)				XXXX
8				XXXX		XXXX
9				XXXX		
10					XXXX	XXXX
11					XXXX	
12						XXXX
13						
14		XXX----XX (記号又は数字)				

(注) ×印の位置にプリントされる

表4 プリント形式

ラム61—74に実効番地の内容42ビットを8進数14ケタでプリントする。

形式番号2の場合：ACC, MD, I 1, I 2, のプリントは形式番号1の場合と同じようにそれぞれのコラムにプリントされるが実効番地の内容は短語すなわち21ビットを8進数7ケタでコラム61—67にプリントする。この場合は短語命令が実行されたことを意味し、ACC と MD の内容は符号ビット+21ビットつまり8進数でプリントされた上位7ケタのみが意味を持っている。

形式番号3の場合：このプリントの形式をとる命令は Shift 命令と XRH, RH 命令で ACC あるいは MD に変化を与える。だから I 2 までのプリントは形式番号1の場合と同じであるが、コラム61—64には Shift 数等の実効数を10進数4ケタでプリントする。

形式番号4の場合：このプリント形式は I 2 までは形式番号1と同じ形式でプリントされるがコラム61以後には何もプリントしない。

形式番号5の場合：これは XAA, AA 命令の場合にプリントされるもので、ACC の符号ビット+上位11ビットを10進数4ケタでコラム17—20にプリントする。

形式番号6の場合：これは TA 命令の場合にプリントされ、ACC の符号ビット+上位11ビットを10進数4ケタでコラム17—20にプリントすると共にこの10進数が store される実効番地を10進数4ケタでコラム61—64にプリントする。

形式番号7の場合：これは OW 命令の時にプリントされるもので、指定された実効番地の内容をコラム17から最高7文字プリントすると共にその実効番地を10進数4ケタでコラム61—64にプリントする。

形式番号8の場合：これは I 1 レジスタの内容をコラム49—52に、指定された実効番地をコラム61—64に10進数4ケタでプリントする。

形式番号9の場合：I 1 レジスタの内容のみを10進数4ケタでコラム49—52にプリントする。

形式番号10の場合：これは I 2 レジスタの内容を61—64に10進数4ケタでプリントする。

形式番号11の場合：I 2 レジスタの内容のみを10進数4ケタでコラム55—58にプリントする。

形式番号12の場合：Jump 命令または判定命令で判定条件を満足する時、Jump 先の番地を10進数4ケタでコラム61—64にプリントする。

形式番号13の場合：判定命令で判定条件を満足しない場合で、何にもプリントしない。

形式番号14の場合：ON, OS 命令のときコラム17から記号または10進数を指定された数だけプリントする。

以上のようなプリント形式と各命令との関係は表1と表2の形式番号で関連づけられている。このとき2種の形式番号になっている命令は判定命令で判定条件を満足した場合のプリントと満足せぬ場合のプリントに分れるためである。

### 3. 使用 方法

SIP-TRACER は語数 602短語のプログラムであって、紙テープにパンチされている。このプログラムを磁気ドラムへ格納する場合、格納開始番地を変更すれば磁気ドラム上のその番地から記憶させることができる（ただし、SIP システムが占有する番地に格納する場合は注意を要する）。ここでは格納開始番地2176（=2048+128）のプログラムについて述べる。紙テープとしては(a)SIP 言語でパンチしたものと (b) (a) を Self Loading 化<sup>9)</sup> したものの2種あるが、計算機を使用する場合使用時間を短縮するためにも(b)のテープの場合について記述する。

I. 被トレースプログラムを通常の SIP 言語のプログラムのように磁気ドラムに格納する。このとき、SCC (Sequence Control Counter) を見て被トレースプログラムの開始番地を知っておく。

II. Self Loading 化した SIP-TRACER の紙テープを PTR (Photoelectric Tape Reader) に設定し、操作卓上の ERROR ボタンを2度次に START ボタンを2度押すことによって格納する（もちろん I と II の順序を逆にしてもよい）。

III. SCC を2176にセットして、ERROR・PROGRAM ADVANCE・OPERATION ボタンを順に押せば FROM をプリントするから I で知った被トレースプログラムの実行開始番地をキーボードから4ケタで入力する（例えば、100番地であれば0100と必ず4ケタにする）。

計算機はその開始番地をプリントし、さらに TO をプリントするからトレース終了番地を4ケタで入力するとその番地をプリントして、SIP-TRACER は自動的に開始番地からトレースを開始する。

IV. SIP-TRACER は停止条件を満足するまで実行するがトレース中に OPERATION ボタンを押すと計算機はトレースを中断して停止するが、再び押すと正確に続行する。

ERROR ボタンを押せば計算機は停止する。この場合はトレースを続行させても正確な結果が得られない。

3587	3416	027			3588		3416
3416	3470	030			3588		3470
3417	3451	071	3451				
3418	3427	067	3451				3427
3419	3254	026	00000000000000	04000000000000	3588	4095	00000000000000
3420	3256	026	00000000000000	04000000000000	3588	4095	00000000000000
3421	0018	011			0018		
3422	0400	051				0000	
3423	0001	040	00000000000070	04000000000000	0018	0000	0001
3424	3260	006	00000000000070	04000000000000	0018	0000	00000000000000
3425	0030	014	00700000000000	04000000000000	0018	0000	0030
3426	4086	031	0046				
3427	3451	007					
3428	4090	031	0040				
3429	3465	008					
3430	3260	046	00500000000000	04000000000000	0018	0000	0050000

図3 使用例

#### 4. 使用例とその結果の解釈

例として、SIP システムをトレースしたものの部分を図3に示す。トレースの結果はトレースを実行した順にプリントされていて

3587番地の命令は、番地部が3416で修正部は0、演算部は27であるから表1からIIJ命令でこの命令の意味は現在実行している番地の1番地先、つまり3588をI1レジスタにセットし、番地部で指示された3416を次の実行番地とするもので、結果のプリントでこれらの働きが行なわれたことが確認できる。次の実行番地は3416であり、トレースした結果も次は3416番地を実行している。このようにして順に実行番地とその働きを追ってゆく。

3418番地の命令語は、表1からTA/3427でACCの上位12ビットを3427番地の番地部にセットする意味である。ACCの上位12ビットは10進数で3451であることがプリントからわかる。さらにトレースを続けて3427番地がトレースされたときのプリントの番地部を見ると3451であり、3418番地の命令は正確に実行されていることが確認できる。

3426番地の命令は、AA/4086でACCの上位12ビットに番地部に示される数を加えよの意味をもっている。

3425番地が実行された結果、ACCの上位12ビットは0070<sub>8</sub>であるから10進数に変換すると56<sub>10</sub>となり、番地部に示された4086はこの計算機では10進数を4096を法とした数で示すから-10を意味し、この命令の実行後のACC上位12ビットは

$$56 - 10 = 46$$

となっており命令が正確に実行されている。

このように実際に計算機が何番地ではどのような命令を実行し、その結果各レジスタはどのように変化したかを知ると共にプログラムを計算機の内容を知って追って行くことができ、プログラムの誤りを発見しやすく、何にのプログラムか不明な場合でもトレースすることによってそのプログラムの作製目的を知ることができる。

#### 5. あとがき

本論文はSIP-TRACERの基礎的なことについて述べてきた。使用回数が少ない感もしないではないが一応トレーサの基本プログラムが作製されたので、ここに発表する。今後は同型の計算機を利用される方がこのプログラムを使用して不備な点を指摘・修正されて行くことを希望する。

また、実際に使用して感じたことは計算機の演算速度が遅くなることで、この欠点を補う方法としては実行番地のみプリントするアドレストレーサを作製するか、このSIP-TRACERのサブルーチン化を進め、被トレースプログラムの必要とする部分のみをトレースする方向に今後は進めなければならないであろう。

本論文を作製にあたり、ご指導いただいた早稲田大学門倉敏夫教授、本学三浦隆俊助教授にお礼申し上げる。

(昭和44年12月28日 受理)

#### 参考文献

- 1) "IBM 7044 Operating System (16/32K) Debugging Facilities",

- File No. 7040-27, Form C28-6083-2, I. B. M.  
(1964)
- 2) 渋谷政昭, 栖原 順 「Post Mortem」 HIPAC-  
101B ライブラリ番号 143, 日立製作所 (1960)
- 3) 渋谷政昭 「8 進数印刷」 HIPAC-101B ライブ  
ライ番号78, 日立製作所 (1962)
- 4) 「記号入力プログラム」 HIPAC-101B ライブ  
ライ番号 129, 日立製作所 (1959)
- 5) 島内剛一 「Self Loading 化」 HIPAC-101B ラ  
イブラリ番号 132, 日立製作所 (1961)